

DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM KONTROL PUTARAN MOTOR PADA GERAK SIMULATOR GEMPA 3 AXIS

Abdul Ghany

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: abdulghany354@gmail.com

Masruki Kabib

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: masrukikabib@umk.ac.id

Qomaruddin

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: qomaruddin@umk.ac.id

Taufiq Hidayat

Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin
Universitas Muria Kudus
Email: taufiq.hidayat@umk.ac.id

ABSTRAK

Sistem kontrol adalah suatu sistem untuk mengendalikan, memberi perintah mengatur keadaan dari suatu sistem. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain dan implementasi sistem kontrol putaran motor untuk penggerak engkol 3 axis pada mesin simulator gempa. Metode penelitian yang digunakan adalah menganalisis magnitude gempa menjadi amplitudo dan frekuensi, menghitung frekuensi menjadi putaran motor, mendesain sistem kontrol putaran, implementasi sistem kontrol dengan tahapan meliputi pembuatan *hardware* sistem kontrol, pemrograman, perakitan sistem kontrol dan pengujian hasil pada mesin simulator gempa. Hasil dari penelitian ini adalah sistem kontrol dapat mengendalikan putaran motor AC sumbu Z dan dua buah motor DC untuk sumbu X dan Y. Hasil pengujian menunjukkan bahwa setiap kenaikan magnitudo gempa maka akan semakin kecepatan putaran motor pada penggerak engkol dengan selisih setiap magnitudo gempa sebesar 11 % dari maksimal magnitudo 10.

Kata kunci : Sistem kontrol, Simulator gempa, *Arduino Uno*, Putaran motor DC

ABSTRACT

A control system is a system for controlling, giving commands to regulate the state of a system. This study aims to design and implement a motor rotation control system for 3 axis crank drive in the earthquake simulator machine. The method of research is analyze earthquake magnitude into amplitude and frequency, calculate frequency into motor rotation, design the rotation control system, control system implementation with stages including manufacturing control system, hardware, programming, control system assembly and testing results on the earthquake simulator machine. The results of research was the control system can control the rotation of the Z axis AC motor and two DC motors for the X and Y axes. The test results show that each increase in earthquake magnitude will increase the speed of rotation of the motor on the crank drive with a difference of each magnitude of earthquake by 11% of a maximum magnitude of 10.

Keywords: Control system, Earthquake Simulator, *Arduino Uno*, DC motor rotation

1. PENDAHULUAN

Gempa bumi adalah getaran asli dari dalam bumi, bersumber di dalam bumi yang kemudian merambat ke permukaan bumi akibat rekahan bumi pecah dan bergeser dengan keras. Gempa bumi dapat disebabkan oleh dinamika bumi (tektonik), aktivitas gunung berapi, akibat meteor jatuh, longsoran (di bawah muka air laut), ledakan bom nuklir. Gempa bumi tektonik paling sering terjadi, gempa ini terjadi akibat dari peristiwa pematahan batuan akibat benturan dua lempengan secara perlahan – lahan yang di akumulasi energi benturan tersebut, melampaui kekuatan batuan, maka batuan di bawah permukaan akan patah [1]. Perkembangan ilmu pengetahuan sekarang dapat mengidentifikasi di mana gempa bumi mungkin terjadi, berapa besarnya, dan menentukan kemungkinan relatif dari berbagai tingkat getaran tanah [2]. Energi gempa bumi dinyatakan dengan besaran yang sering digunakan yaitu *magnitude*. Magnitudo gempa adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya energi yang dipancarkan oleh sumber gempa. Skala yang kerap digunakan untuk menyatakan magnitude gempa ini adalah Skala *Richter* [3].

Ilmu Pengetahuan tentang beban dinamik dan respon suatu struktur bangunan diperlukan untuk meningkatkan kualitas bangunan yang berada di daerah rawan gempa. Bangunan tersebut harus dirancang tahan gempa. Respon struktur tersebut berupa respon perpindahan suatu bangunan bila dikenai beban gempa. Bangunan yang mempunyai banyak lantai, maka setiap lantai mempunyai respon perpindahan dan frekuensi natural yang berbeda – beda [4] Gempa bumi dengan frekuensi yang lebih tinggi cenderung merusak struktur yang lebih pendek dan kaku, dan gempa bumi dengan frekuensi yang lebih rendah cenderung merusak struktur yang lebih tinggi dan lebih ulet. Bangunan dengan periode yang sama dari peristiwa seismik cenderung beresonansi dan lebih rusak [5]. Simulator gempa atau alat uji gempa yang biasanya digunakan untuk mengetahui respon suatu struktur bangunan terdiri dari suatu meja getar dan penggerak seperti motor maupun aktuator hidrolik. Alat uji tersebut didesain dalam skala besar dan kecil. Skala besar digunakan untuk benar – benar mengetahui respon struktur bangunan terhadap input eksitasi gempa. Struktur bangunan yang biasanya diuji adalah struktur kerangka beton gedung yang memiliki banyak lantai [6].

Alat uji gempa menggunakan sistem kontrol untuk dapat mengendalikan gerakan. Sistem kontrol dalam perkembangannya banyak diterapkan di industri, sebelumnya banyak pekerjaan menggunakan gerakan mekanik, kemudian beralih menggunakan mesin berbasis sistem kontrol [7]. Sistem kontrol memiliki manfaat antara lain dapat menjamin kualitas produk yang dihasilkan [8]. Sistem kontrol memegang peranan penting dalam teknologi. Sebagai contoh otomatisasi industri dapat menekan biaya produksi, mempertinggi kualitas [9], dan dapat menggantikan pekerjaan-pekerjaan yang bersifat rutin. Sehingga dengan demikian akan meningkatkan kinerja suatu sistem secara keseluruhan [10]. Sistem kontrol yang berfungsi mengatur kecepatan motor untuk gerak engkol simulator gempa secara otomatis sesuai dengan besar magnitudo gempa.

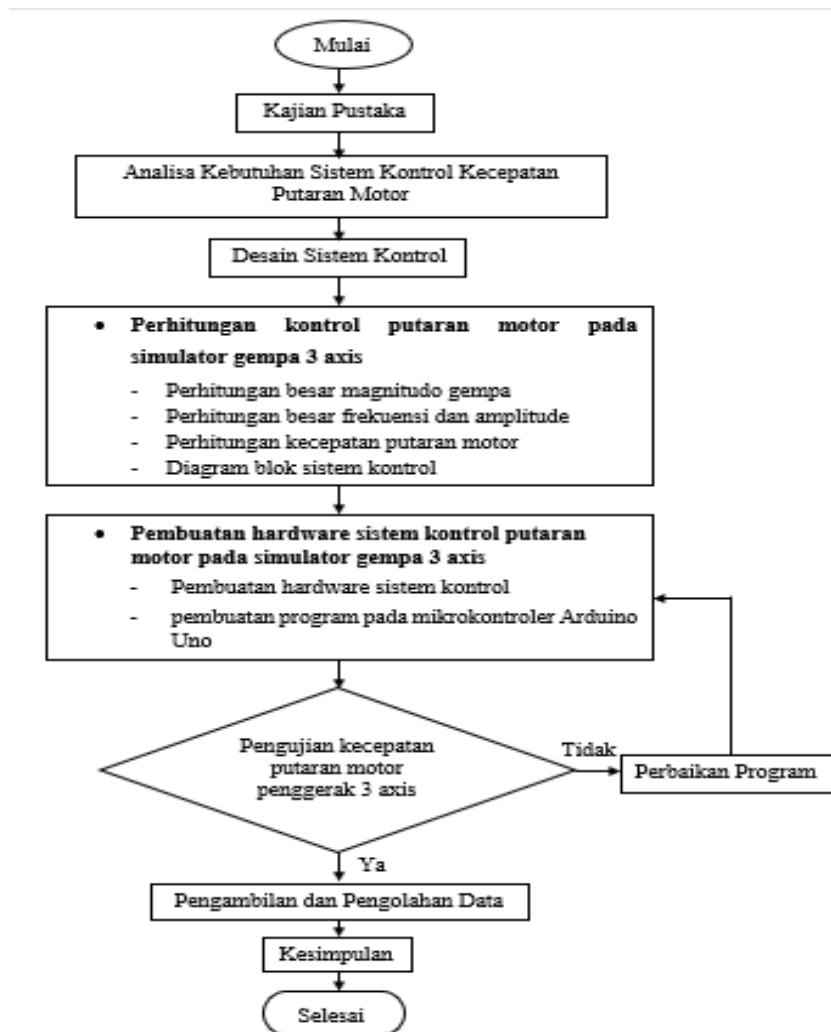
Sensor *rotary encoder* merupakan suatu komponen transducer elektromekanik yang dimanfaatkan untuk mengukur perpindahan (rotasi) pada motor. Komponen ini dapat dimanfaatkan untuk mengukur kecepatan. *Rotary encoder* berbentuk suatu piringan, piringan ini memiliki beberapa bagian yang transparan dan beberapa bagian tidak tembus cahaya yang berjajar disepanjang tepi piringan untuk dapat dimanfaatkan dalam mengukur kecepatan [11], pada metode ini putaran output di sensor dengan encoder, dengan umpan balik ke mikrokontroler berupa pulsa digital [12]. Sensor *rotary encode* disini digunakan untuk mengontrol kecepatan putaran motor pada simulator gempa dengan men-*setting* kecepatan motor supaya sesuai dengan program yang telah di input pada mikrokontroler. Motor DC merupakan sebuah perangkat elektromagnetis yang mengubah

energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor atau mengangkat beban [13]

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendesain dan implementasi sistem kontrol putaran motor untuk penggerak engkol pada mesin simulator gempa 3 axis . Mesin simulator gempa menggunakan 2 jenis motor listrik untuk menggerakkan mekanisme engkol penggerak *shake table*, motor DC untuk sumbu X, Y dan motor AC untuk sumbu Z, dikarenakan sumbu memiliki beban yang paling besar dari semua sumbu yang pada mekanismenya sumbu Y mendorong 3 buah kerangka meja, oleh karena itu menggunakan motor AC yang memiliki torsi motor yang besar.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Desain dan implementasi sistem kontrol putaran motor pada gerak simulator gempa 3 axis dilakukan dengan tahapan seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir desain dan implementasi sistem kontrol

Studi literatur untuk melakukan kajian pustaka dari sumber-sumber terkait dan pembandingan awal dalam proses rancang bangun sistem kontrol putaran motor dalam suatu penelitian. Analisa kebutuhan sistem dilakukan meliputi aspek teknik, aspek manufaktur, aspek produksi, aspek ergonomis, aspek keselamatan kerja. Perancangan dan perhitungan sistem kontrol putaran motor pada simulator gempa meliputi perhitungan besar magnitudo, frekuensi dan amplitudo perhitungan daya motor yang digunakan untuk menggerakkan mekanisme engkol penggerak *shake table*, Desain *Hardware* Sistem Kontrol. Pembuatan sistem kontrol putaran meliputi Proses pembuatan *hardware* sistem kontrol, Pembuatan *software Arduino Uno*. Pengujian putaran motor tiap magnitudo gempa, selanjutnya pengambilan dan pengolahan data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Desain Sistem Kontrol

3.1.1 Analisa Magnitudo Gempa

Desain sistem kontrol dilakukan analisa terlebih dahulu terhadap magnitudo gempa, Selanjutnya berdasarkan hasil magnitudo gempa dapat dihitung amplitudo dan frekuensi. Magnitudo gempa dapat ditentukan dengan Skala Mercalli dengan persamaan 1 [14] :

$$M = 1,3 + 0,6 I_o \quad (1)$$

Dimana M adalah Magnitudo gempa (SR), I_o adalah Intensitas M_s yang didasarkan pada Skala Mercalli. Hasil dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Magnitudo gempa dalam Skala Mercalli

No	Magnitudo Gempa	Magnitudo Gempa
1	III	3
2	V	5
3	VII	7
4	IX	9

3.1.2 Analisa Amplitudo

Amplitudo digunakan untuk membuat variasi besar getaran gempa pada *shake table*, untuk menentukan amplitudo dapat menggunakan persamaan 2 [6] :

$$X_t = r + l - r \cos \phi - l \cos \phi \quad (2)$$

Dimana X_T adalah variasi amplitudo (m), r adalah jari – jari *disc* (cm) dan l adalah panjang engkol (m).

3.1.3 Analisa Frekuensi Gempa

1. Menentukan frekuensi gempa untuk motor penggerak engkol dengan persamaan 3 [3]:

$$M = (\log \frac{a}{f}) \quad (3)$$

Dimana M adalah magnitudo gempa (SR), a adalah variasi amplitudo (cm) dan f adalah periode gelombang (Hz).

- Untuk menghitung putaran motor yang dibutuhkan menggunakan persamaan 4 [8] :

$$f = \frac{n}{t} \quad (4)$$

Dimana f adalah frekuensi (Hz), n putaran motor (rpm) dan t waktu (s).

3.1.4 Analisa Torsi dan Daya Motor Listrik

- Torsi yang dibutuhkan motor untuk dapat menggerakkan mekanisme engkol pada simulator gempa dapat ditentukan dengan persamaan 5 [6]:

$$T = F \cdot l \quad (5)$$

Dimana T adalah torsi (N.m), F adalah gaya (N) dan l adalah jarak engkol dari titik pusat *shake table*.

- Daya motor listrik AC yang digunakan untuk menggerakkan *shake table* sumbu Z menggunakan persamaan 6:

$$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{4500} \quad (6)$$

Dimana P adalah daya motor (watt), T adalah torsi (N.m), dan n adalah putaran motor (rpm).

- Daya motor listrik DC pada sumbu X dan Y menggunakan rumus persamaan 7 :

$$P = V \cdot I \quad (7)$$

Dimana P adalah daya motor (watt), V adalah tegangan motor (volt), dan I adalah kuat arus (ampere).

Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 2.

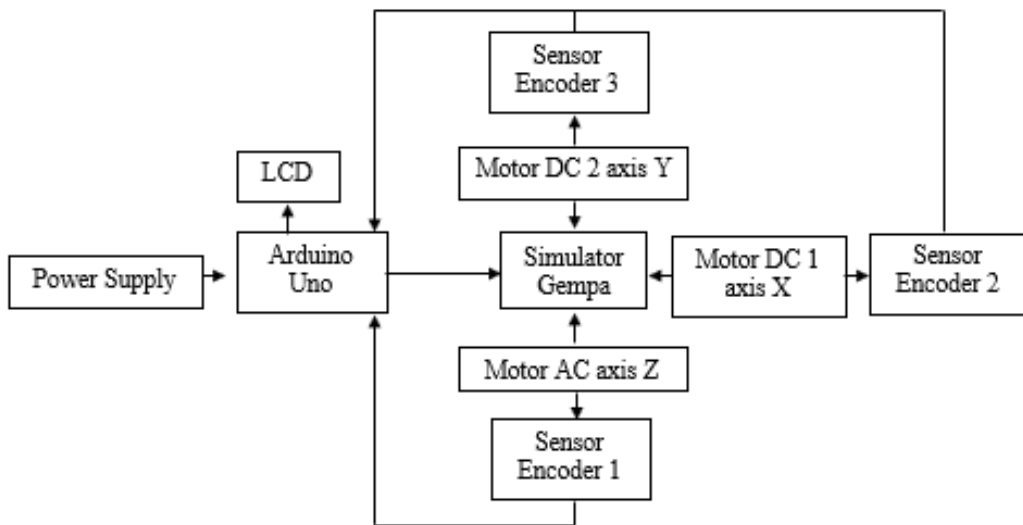
Tabel 2. Hasil perhitungan

No	Besar	Rumus	Hasil
1	Daya motor AC	$P = \frac{2\pi \cdot n \cdot T}{4500}$	80 watt
2	Torsi motor AC	$T = F \times l$	40 N.m
3	Daya motor DC	$P = V \cdot I$	60 watt
4	Magnitudo Gempa	$M = (\log \frac{a}{f})$	1,6 Hz
5	Frekuensi motor	$f = n / t$	97 rpm

Hasil perhitungan daya motor digunakan untuk menentukan motor AC dan motor DC yang dipilih.

3.2 Desain Sistem Kontrol

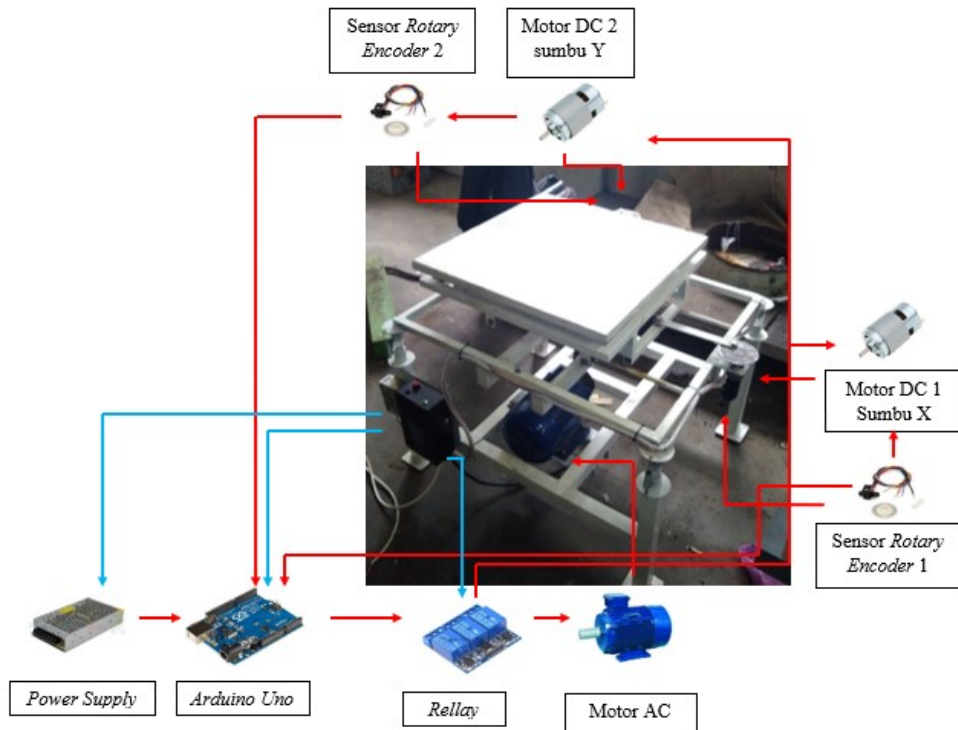
Desain sistem kontrol pada gambar 2 menunjukkan cara kerja sistem kontrol putaran motor pada simulator gempa 3 axis. Energi listrik dari power supply yang mengubah arus AC menjadi 12 VDC yang dihubungkan ke mikrokontroler, kemudian mikrokontroler yang sudah terprogram akan memberikan sinyal ke driver motor kemudian *driver* tersebut akan memberikan sinyal ke motor listrik penggerak mekanisme engkol pada *shake table* sumbu X, Y dan Z. Sensor *rotary encoder* yang berada pada motor DC akan mendeteksi besar kecepatan putaran motor agar sesuai dengan input yang telah terprogram pada mikrokontroler, apabila kecepatan putaran motor kurang ataupun lebih, sensor *rotary encoder* akan memberikan sinyal tegangan 0 - 5 V ke mikrokontroler dan mikrokontroler akan memberikan sinyal perintah ke *driver* motor supaya kecepatan putaran motor sesuai dengan program yang telah di input.



Gambar 2. Desain sistem kontrol

3.3 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* Sistem Kontrol

Pembuatan *hardware* sistem kontrol simulator gempa 3 axis adalah Arduino Uno, *relay*, *driver* motor dan LCD terletak didalam box panel. *Power supply* berada di sebelah kiri box panel untuk memudahkan pemasangan kabel, *push button* terletak di sisi atas box panel. Sensor *rotary encoder* 1 terletak di motor AC, sensor *rotary encoder* 2 di motor DC 1 dan sensor *rotary encoder* 3 di motor DC 2, pemasangan sensor terletak di bagian poros motor. Desain instalasi hardware system control ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Desain Instalasi *Hardware*

Sumber listrik dari PLN yang dikonversi dari listrik AC menjadi listrik DC oleh *power supply*. Gerakan sistem kontrol yang pertama dimulai dari laptop yang memasukan skrip perintah pada *software Arduino Uno*, selanjutnya *Arduino Uno* mengkonversi berbagai macam perintah diantaranya sebagai berikut :

1. *Power supply* mengubah sinyal AC menjadi DC kemudian dihubungkan ke mikrokontroler.
2. Mikrokontroler memberi sinyal ke motor diver
3. Motor driver 1 akan menguatkan sinyal dan akan memutar motor servo untuk membuat variasi amplitudo dengan kecepatan 30 rpm
4. Motor driver 2 akan menguatkan sinyal dan akan memutar motor listrik AC dan DC untuk menggerakkan *shake table* sumbu X, Y dan Z.
5. *Sensor rotary encoder* akan mengontrol kecepatan putaran motor dan memberikan sinyal ke mikrokontroler dan mikrokontroler akan memberikan sinyal ke driver motor 2.
6. *Power supply* digunakan untuk mengubah tegangan AC menjadi DC,
7. Laptop digunakan untuk menginputkan data ke mikrokontroler.
8. Mikrokontroler digunakan untuk mengontrol semua komponen.
9. Motor listrik AC dan DC digunakan untuk menggerakkan mekanisme engkol pada *shake table*.

3.4 Pembuatan Program Sistem Kontrol di Mikrokontroler

Pembuatan program system control dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Pembuatan program menggunakan *void loop* karena yang dijalankan jenis program yang berulang – ulang.
2. Mensetting *driver* motor supaya mikrokontroler dapat memberikan sinyal ke motor AC dan motor DC
3. Mensetting *keypad* supaya program dapat menginput besar magnitudo secara bebas sesuai dengan keinginan pengguna
4. Menginput besar frekuensi motor kedalam program supaya kecepatan motor sesuai dengan besar magnitudo gempa yang di program.
5. Memberikan program perintah ke sensor *rotary encoder* untuk mendeteksi kecepatan putaran motor DC 1 dan motor DC 2.
6. Memberikan perintah ke LCD supaya menampilkan besar magnitudo gempa.
7. Memberikan perintah ke LCD supaya menampilkan kecepatan rpm saat motor berputar.

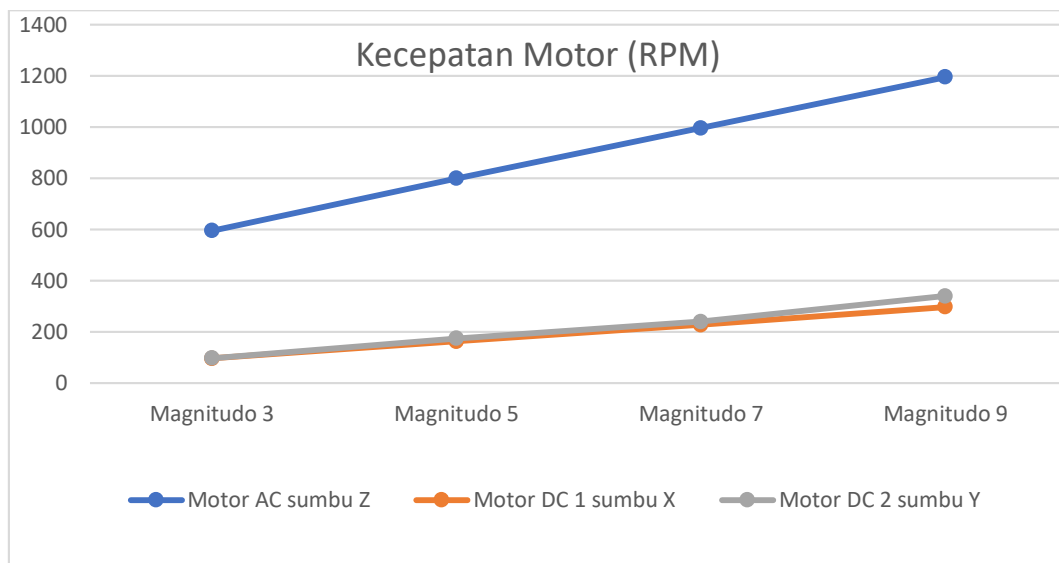
3.5 Pengujian Sistem Kontrol

1. Hasil Pengujian Sistem Kontrol

Pengujian sistem kontrol untuk menguji putaran motor pada simulator gempa 3 axis dapat dilihat pada tabel 3

Tabel 3. Hasil pengujian putaran motor

Magnitudo Gempa	Motor AC sumbu Z (rpm)	Motor DC 1 sumbu X (rpm)	Motor DC 2 sumbu Y (rpm)
3	591	98	98
	597	96	97
	596	95	96
5	798	163	163
	799	161	161
	802	162	163
7	996	227	228
	998	225	226
	997	229	227
9	1198	294	296
	1196	296	297
	1195	295	295



Gambar 4. Grafik hasil pengujian

Dari hasil pengujian, pada input besar magnitudo gempa yang telah ditentukan dengan Skala Mercalli menunjukan kecepatan putaran motor AC dan motor DC mengalami kenaikan setiap besar magnitudo gempa yang di input ke arduino. Persentase kenaikan kecepatan putaran motor AC dan motor DC dapat ditentukan dengan persamaan 8 :

$$\% \text{ kenaikan} = \left| \frac{V_2 - V_1}{V_2} \right| \times 100\% \quad (8)$$

4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian tentang sistem kontrol putaran motor pada simulator gempa 3 axis adalah mikrokontroler *Arduino Uno* ATmega328 dapat mengatur kecepatan putaran motor listrik AC dan DC, karena didalam perancangannya dihubungkan rangkaian *driver* motor sebelum dihubungkan dengan mikrokontroler *Arduino Uno*, maka arduino tersebut telah bisa mengatur kecepatan putaran motor listrik AC dan DC. Hasil dari penelitian ini adalah sistem kontrol dapat mengendalikan putaran motor AC sumbu Z dan dua buah motor DC untuk sumbu X dan Y. Hasil pengujian menunjukan bahwa setiap kenaikan magnitudo gempa maka akan semakin kecepatan putaran motor pada penggerak engkol dengan selisih setiap magnitudo gempa sebesar 11 % dari maksimal magnitudo 10.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. M. Nur, 2010, "Gempa Bumi, Tsunami dan Mitigasinya," *J. Geografi.*, vol. 7, no. 1, pp. 66–73.
- [2] K. Y. Tsai, 2014, "Making hospitals safe from earthquakes" *Semin. Cutan. Med. Surg.*, vol. 33, no. 2, p. 59.
- [3] N. K. T. Suandayani and S. Poniman, 2017, "Penentuan Nilai Magnitudo Gempa Vulkanik Gunung Guntur Jawa Barat Berdasarkan Data Seismik," pp. 4–57.
- [4] T. A. Cahyaningrum, 2017, "Pemodelan dan Analisis Simulator Gempa Penghasil Gerak Translasi," vol. 6, no. 1, p. 69.

- [5] S. Brown, 2007, "Seismic Analysis and Shake Table Modeling: Using a Shake Table for Building Analysis," no. May, p. 163.
- [6] M. F. Amahoru, 2017, "*Pemodelan Dan Analisis Simulator Gempa Bumi Penghasil Gerak Rotasi*", vol. 6, no. 1.
- [7] S. Huda, M. Kabib, and R. Winarso, 2017 "Desain Automatic Line Plastic Packing Of Cake Berbasis Mikrokontroler Atmega 328" *SNATIF Fak. Tek. Univ. Muria Kudus*, no. April, pp. 153–160.
- [8] S. B. Lutfi, M. Kabib, and T. Hidayat, 2019, "Desain Dan Implementasi Sistem Kontrol Putaran Rol Penarik Dan Pengepres Plastik Pada Mesin Pengemas Jahe Bubuk," *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 2, pp. 41–50.
- [9] P. Kushartanto, M. Kabib, and R. Winarso, 2019, "Sistem kontrol gerak dan perhitungan produk pada mesin pres dan pemotong kantong plastik," *J. Crankshaft*, vol. 2, no. 1, pp. 57–66.
- [10] H. D. Laksono, 2012, "*Sistem Kendali*", vol. 1, no. 2.
- [11] T. Mandala, F. Lubis, I. P. Pangaribuan, and A. S. Wibowo, 2016, "Sistem Kendali Kecepatan Motor Induksi 1 Fasa Dengan Metode Linear Quadtric Regulator Berbasis Mikrokontroler," *e-Proceeding Eng.*, vol. 3, no. 3, pp. 4015–4022.
- [12] M. Kabib, 2008, "Analisa dan Pengembangan Sistem Kontrol Pada Mesin Automatic Feeding Untuk Proses U Bending:," *Thesis, Teknik. Mesin, ITS*.
- [13] Handy Wicaksono, 2004, "Analisa Performansi dan Robustness Beberapa Metode Tuning Kontroler PID pada Motor DC," *J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 70–78.
- [14] M. Alfiansyah, 2015, "Penerapan Logaritma Dalam Kehidupan Sehari-Hari," pp. 1–5.